



Des. States: (R) AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI

Local appls.: EP2000000100325 Filed:2000-01-07 (2000EP-0100325)

 ES2208155T3 = 2004-06-16 200442 Spanish F02D 13/02Local appls.: Based on EP01030042 (EP 1030042)  
EP2000000100325 Filed:2000-01-07 (2000EP-0100325) DE50004383G = 2003-12-18 200407 German F02D 13/02Local appls.: Based on EP01030042 (EP 1030042)  
DE2000000504383 Filed:2000-01-07 (2000DE-0504383)  
EP2000000100325 Filed:2000-01-07 (2000EP-0100325) EP1030042B1 = 2003-11-12 200380 7 German F02D 13/02

Des. States: (R) DE ES FR GB IT SE

Local appls.: EP2000000100325 Filed:2000-01-07 (2000EP-0100325)

 US6321156 = 2001-11-20 200174 7 English F02D 41/18

Local appls.: US2000000506446 Filed:2000-02-18 (2000US-0506446)

 JP2000240476A2 = 2000-09-05 200057 5 English F02D 13/02

Local appls.:

 DE19906707A1 = 2000-08-24 200055 6 German F02D 41/18

Local appls.: DE199001006707 Filed:1999-02-18 (99DE-1006707)

? INPADOC Show legal status actions

Legal Status:

? First Claim: Show all claims 1. Verfahren zur Bestimmung der Zylinderbefüllung bei ungedrosselten Verbrennungsmotoren, welcher Ventile mit variablem Ventiltrieb umfaßt, mit den Schritten:

- - Ermittlung von zumindest einer Motorgröße,
- - Bestimmen eines auf eine feste oder bestimmte Ein- und/oder Auslaßspreizung bezogenen normierten Luftmassenstromes in Abhängigkeit von der zumindest einen Motorgröße,
- - Bestimmung des Einflusses der gegenüber der festen oder bekannten Einlaßspreizung vorliegenden Ist-Einlaßspreizung auf den Luftmassenstrom und Berechnung eines korrigierten Luftmassenstromes.

? Priority Number:

Application Number	Filed	Original Title
DE199001006707	1999-02-18	

? Title Terms: DETERMINE COMBUST ENGINE CYLINDER FILL DETECT ENGINE PARAMETER DETERMINE NORMALISE AIR FLOW ACTUAL INLET SPREAD INFLUENCE COMPUTATION CORRECT FLOW

[Pricing](#) [Current charges](#)**Derwent Searches:** [Boolean](#) | [Accession/Number](#) | [Advanced](#)

Data copyright Thomson Derwent 2003

**THOMSON**

Copyright © 1997-2004 The Thomson Corporation

[Subscriptions](#) | [Web Seminars](#) | [Privacy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Site Map](#) | [Contact Us](#) | [Help](#)**BEST AVAILABLE COPY**



(19) Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11) EP 1 030 042 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
23.08.2000 Patentblatt 2000/34

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: F02D 13/02, F02D 41/18

(21) Anmeldenummer: 00100325.0

(22) Anmeldetag: 07.01.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 18.02.1999 DE 19906707

(71) Anmelder:  
Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft  
80809 München (DE)

(72) Erfinder: Kraemer, Gerd  
82065 Baierbrunn (DE)

(74) Vertreter: Zollner, Richard et al  
Bayerische Motoren Werke AG  
Patentabteilung AJ-3  
80788 München (DE)

### (54) Verfahren zur Bestimmung der Zylinderbefüllung bei ungedrosselten Verbrennungsmotoren

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Zylinderbefüllung bei ungedrosselten Verbrennungsmotoren mit variablem Ventiltrieb.

Zur Ermittlung der Frischluft-Zylinderfüllung bei solchen Verbrennungsmotoren werden folgende Schritte vorgeschlagen:

- Ermittlung von zumindest einer Motorgröße,
- Bestimmen einer auf eine feste oder bekannte Ein-

und Auslaßspreizung bezogenen normierten Luftmassenstromes in Abhängigkeit von der zumindest einen Motorgröße,

- Bestimmung des Einflusses der gegenüber der festen oder bekannten Einlaßspreizung vorliegenden Ist-Einlaßspreizung auf den Luftmassenstrom und Berechnung eines korrigierten Luftmassenstromes.

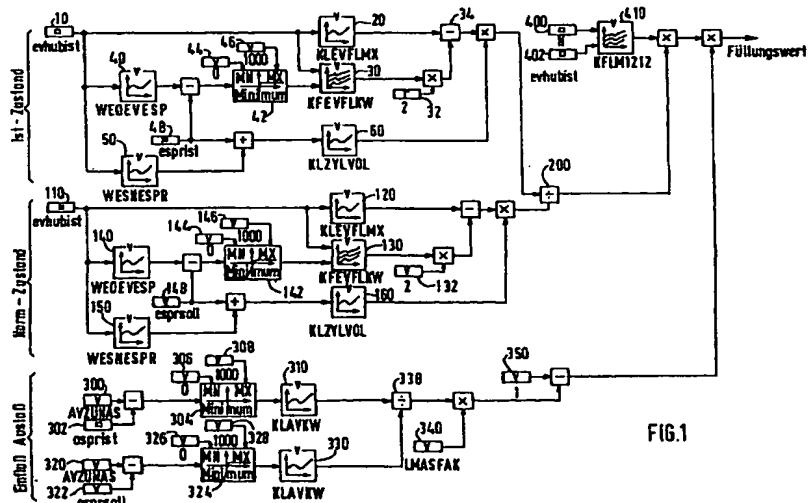


FIG.1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Zylinderbefüllung bei ungedrosselten Verbrennungsmotoren, welche Ventile mit variablem Ventiltrieb umfaßt.

[0002] Bei gedrosselten Motoren wird die Füllung (Luftmassen) der Zylinder des Motors meist gemessen. Für dynamische Übergänge wird parallel über ein Füllungsmodell die Füllung modellhaft berechnet und mit der vorgenannten Messung abgeglichen. Über den Saugrohrdruck und eine variable Nockenspreizung kann ferner eine Korrektur der berechneten Füllung durchgeführt werden.

[0003] Für ungedrosselte Motoren ist das oben beschriebene Füllungsmodell jedoch nicht brauchbar. Es besteht nämlich kein Zusammenhang zwischen dem Saugrohrdruck und der Zylinderfüllung. Die Kenntnis der Zylinderbefüllung ist für den dynamischen Motorbetrieb von Motoren mit variablem Ventiltrieb sowie für die Diagnose- und Sicherheitsfunktionen jedoch notwendig.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Bestimmung der Zylinderfüllung bei ungedrosselten Verbrennungsmotoren anzugeben, welches eine möglichst genaue Füllungsbestimmung ermöglicht.

[0005] Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

[0006] Insbesondere wird zunächst ein auf eine feste oder bekannte Ein- und Auslaßspreizung bezogener normierter Luftmassenstrom in Abhängigkeit von zumindest einer Motogröße bestimmt. Die Motogrößen sind beispielsweise die Drehzahl und die Ventilhubhöhe. Ferner wird der Einfluß der vorliegenden Ist-Einlaßspreizung gegenüber der angenommenen festen oder bekannten Einlaßspreizung bestimmt und ein korrigierter Luftmassenstrom ermittelt. Insbesondere wird mit dem vorgenannten Vorgehen der Einfluß von Einlaß- (und bei den vorteilhaften Ausführungsformen) auch Auslaßspreizungen auf den Ansaugvorgang eines Motors mit variablem Ventiltrieb durch Berücksichtigung von geometrischen und physikalischen „Effekten“ beschrieben. Appliziert werden müssen hier nur noch Daten des Luftmassendurchsatzes bei bestimmten Spreizungen, z. B. in Form von Kennfeldern. In einem Kennfeld kann auch der angesaugte Luftmassenstrom bei festen Einlaß- und Auslaßspreizungen (z. B. 120/120) und bei Normbedingungen (z. B. 0 °C und 1013 mbar) abgelegt sein.

[0007] In diesem Zusammenhang wird noch angemerkt, daß der normierte Luftmassenstrom nicht unbedingt aus einer festen Spreizung ermittelt werden muß. Er kann auch bei einer beliebigen Spreizung aus einem Kennfeld ausgelesen werden. Die Funktion berücksichtigt dann den Einfluß der Abweichung Ist- zu Sollspreizung. Der Eingang für die Sollspreizung kann beispielsweise aus einem lastabhängigen Kennfeld

stammen.

[0008] Bei Motoren mit variablem Ventiltrieb erfolgt die Drosselung bekannterweise über das Einlaßventil. Deshalb ist die über das Einlaßventil strömende Luftmasse proportional zur freigegebenen Drosselfläche und abhängig vom Differenzdruck. Diese Effekte werden gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform zur Bestimmung des Einflusses der Ist-Einlaßspreizung berücksichtigt. Falls die Einlaßspreizung also von der Normspreizung abweicht, wird der Einfluß einer geänderten Einlaßspreizung auf den Luftmassenstrom durch den Flächenanteil und den Differenzdruckanteil beschrieben. Dies ist genauer im nachfolgenden Ausführungsbeispiel dargestellt.

[0009] Einen Einfluß auf die Zylinderfüllung hat auch die Auslaßspreizung. Zur genauen Bestimmung der Zylinderfüllung wird vorzugsweise der Einfluß der Auslaßspreizung durch das Verhältnis der Auslaßventilfläche nach dem oberen Totpunkt beschrieben. Eine spezielle Ausführungsform der Erfindung wird nachfolgend mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in

Figur 1 ein schematisches Blockdiagramm einer Ausführungsform des erfundungsgemäßen Verfahrens,

Figur 2 ein Diagramm, welches die Auswirkungen der Einlaßspreizung auf die Luftmasse zeigt,

Figur 3 ein Diagramm, welches die Einlaßfläche unter der Kurve für einen Ansaugzyklus zeigt und

Figur 4 ein Diagramm, welches den Einfluß der Auslaßventile auf die Befüllung zeigt.

[0010] Ein spezielles Verfahren zur Bestimmung der Zylinderfüllung gemäß der Erfindung wird anhand Figur 1 erläutert, welches ein schematisches Blockdiagramm eines solchen Verfahrens darstellt.

[0011] In einem Kennfeld KFLM1212, 410, ist der angesaugte Luftmassenstrom bei fester Einlaß- und Auslaßspreizung bei den Normbedingungen 0 °C und 1013 mbar abgelegt. Die feste Einlaß- und Auslaßspreizung beträgt vorliegend 120/120. Aus den Eingangs motorgrößen Drehzahl N, 400, und Ist-Hub des Einlaßventils evhub-ist, 402, wird aus dem Kennfeld KFLM-1212 ein für diese Daten hinterlegter Luftmassenstrom ausgelesen. Dieser Luftmassenstrom hängt noch von der Einlaßventilbetätigung ab und ist insbesondere proportional zur freigegebenen Drosselfläche und abhängig vom Differenzdruck über das Einlaßventil. In diesem Zusammenhang wird auf die Drosselgleichung nach Bernulli hingewiesen. Demgemäß sind noch Korrekturen an dem aus dem Kennfeld KFLM-1212 ermittelten Luftmassenstrom notwendig.

Vorliegend wird ein Korrekturfaktor, der sich auf die Spreizung des Einlaßventils bezieht, wie folgt bestimmt: Der Einfluß auf die Luftmasse wird angenommen als das Verhältnis von Ansaugfläche multipliziert mit dem Differenzdruckanteil einer Ist-Spreizung einerseits und der Ansaugfläche multipliziert mit dem Differenzdruckanteil bei einer Normspreizung andererseits. Die Normspreizung bezeichnet dabei die Spreizung, mit der das Luftmassenkennfeld KFLM-1212 gemessen wurde. Die Ist-Spreizung hingegen bezeichnet die Spreizung im dynamischen Betrieb oder beim Kaltbetrieb.

**[0012]** In Figur 1 sind drei Blöcke dargestellt, die die bestimmten Einflüsse auf die Befüllung wiedergeben, nämlich der Ist-Zustand, der Norm-Zustand und der Einfluß Auslaß. Dabei bezeichnet der Ist-Zustand den Einfluß der aktuellen Ist-Spreizung, wie oben bezeichnet, der Norm-Zustand den Einfluß der Normspreizung, wie oben bezeichnet, und der Einfluß Auslaß den Einfluß der Auslaßspreizung auf die Zylinderbefüllung.

**[0013]** Zunächst zum Einfluß bei der Ist-Spreizung (Ist-Zustand): Der Hub-Ist-Wert des Eingangvents evhub-ist, 10 wird verschiedenen Kennfeldern 20, 30, 40 und 50 zur Verfügung gestellt. In dem Kennfeld 20 (KLEVFLMX) ist die maximale Ansaugfläche aus dem Hubverlauf, aufintegriert über dem Kurbelwinkel, abgespeichert. Aus dem Kennfeld 20 wird daher die maximale Ansaugfläche ausgelesen.

**[0014]** Jedoch trägt die vor dem oberen Totpunkt liegende Ventilöffnung nicht zur Zylinderfüllung bei, da in dieser Phase der Kolben Restgas in den Ansaugkanal zurückschiebt. Um diesen Effekt zu berücksichtigen, wird im Kennfeld 30 (KFEVFLKW) die vor dem oberen Totpunkt liegende Ventilöffnungsfläche in Abhängigkeit von dem Öffnen des Einlaßwinkels und dem Ventilhub evhub-ist berechnet. Das Öffnen des Einlaßventils ergibt sich aus dem Einlaßventil-Ist-Spreizwert esprist, 48, welcher von dem Zeitpunkt der Öffnung des Einlaßventils vor dem Punkt des Maximalhubs abgezogen wird. Dieser Wert ergibt sich aus dem Kennfeld 40 (WEOEVESP), das als Eingangsgröße ebenfalls den Hub-Ist-Wert des Eingangvents evhub-ist erhält. Die Einheit mit den Bezugsziffern 42, 44 und 46 dient zur Anpassung des Werts der vor dem oberen Totpunkt liegenden Ventilöffnungsfläche auf das Kennfeld 30.

**[0015]** Da das vor dem oberen Totpunkt in den Ansaugkanal zurückgeschobene Restgas nach dem Ansaugvorgang erst wieder angesaugt wird (Pfropfenmodell), wird die vor dem oberen Totpunkt liegende Einlaßventilfläche verdoppelt und von der maximalen Ventilöffnungsfläche abgezogen (Bezugsziffer 32).

**[0016]** Insgesamt liegt somit nach der Subtraktion 34 die wirksame Ansaugfläche vor.

**[0017]** Als nächstes wird der Einfluß des Differenzdruckes beschrieben. Die Lage der wirksamen Ansaugflächen bezogen auf den Kurbelwinkel hat einen Einfluß auf die angesaugte Luftmasse. Diese Abhängigkeit wird in dem Kennfeld 60 (KLZYLVOL) beschrieben. In dem Kennfeld 60 ist abhängig vom Kurbelwinkel das Zylindervolumen beim Ansaugen nach dem oberen Totpunkt abgelegt. Der Eingang in diese Kennlinie ist der Zeitpunkt, wenn das Einlaßventil schließt, abhängig vom Einlaßventilhub und der Spreizung. Diese Daten werden aus dem Kennfeld 50 (WESNESPR) ausgelesen. In diesem Kennfeld ist der Zeitpunkt des Einlaßventils schließen nach dem Punkt des Maximalhubes in Gredeteilung der Kurbelwelle abgelegt. Als Eingangsgröße für das Kennfeld 50 dient ebenfalls der Hub-Ist-Wert des Einlaßventils evhubist, 10.

**[0018]** Mit der letztgenannten Maßnahme werden zwei Effekte beim Ansaugen berücksichtigt, welche den Differenzdruck über das Einlaßventil beim Ansaugen beschreiben. Zum einen wird ein "Vorspannen" des Zylinders durch ein spätes Öffnen des Einlaßventils berücksichtigt. Die Luftmasse wird durch den dadurch verursachten höheren Differenzdruck während des Ansaugens erhöht, was durch das höhere Zylindervolumen mit zunehmender Spreizung berücksichtigt wird.

**[0019]** Vorstehend wurden somit die Einflüsse für die aktuelle Ist-Spreizung durch die wirksame Ansaugfläche und den Differenzdruckanteil bestimmt.  
**[0020]** Eine entsprechende Berechnung erfolgt für die Normspreizung (Norm-Zustand). Mit den Bezugsziffern 110 bis 160 und dem zugeordneten Teil in Figur 1 wird in analoger Weise der Einfluß der wirksamen Ansaugfläche und des Differenzdruckanteils für die Normspreizung bestimmt. Unterschiedlich hier ist lediglich, daß in Bezugsziffer 148 der Spreiz-Soll-Wert für das Einlaßventil abgelegt ist.

**[0021]** Nach Berechnung der Einflüsse der Norm- und Ist-Spreizungen wird das Verhältnis gebildet (Bezugsziffer 200), welches dann als Faktor für den aus dem Kennfeld 410 ausgelesenen Luftmassenstrom dient.

**[0022]** Als weiterer Korrekturfaktor für den im Kennfeld 410 ausgelesenen Luftmassenstrom wird der Einfluß der Auslaßspreizung bestimmt. Dazu dient der untere Teil der Darstellung in Figur 1. Dabei wird das Verhältnis der Auslaßventilfläche nach dem oberen Totpunkt beim Ist- und Norm-Zustand gebildet (Bezugsziffer 338), welches über einen Faktor LMASFAK (Bezugsziffer 340) über eine Multiplikation skaliert wird. Dieser Wert wird von einer vorgegebenen 1 (Bezugsziffer 350) abgezogen und als Faktor ebenfalls für den Wert der angesaugten Luftmasse 410 (KFLM 1212) bestimmt. Die Werte für die verschiedenen Zweige ergeben sich durch die Öffnung des Auslaßventils AVZUNAS (Bezugsziffern 300 und 320) abzüglich der Spreizungs-Ist- bzw. Soll-Werte des Auslaßventils (Bezugsziffern 302 bzw. 322). Die mit den Bezugsziffern 306, 308, 304, 324, 326 und 328 bezeichneten Funktionen steilen jeweils nur eine geeignete Skalierung für die Kennfelder 310, 330 dar.

[0023] Durch die vorgenannten Maßnahmen können die Einflüsse der Ein- und Auslaßventilspreizung auf den angesaugten Luftmassenstrom ermittelt werden. Durch Multiplizierung des aus dem Kennfeld KFLM-1212 (Bezugazeichen 410) ermittelten Luftmassenstromes erhält man so einen genauen Wert der Befüllung von Zylindern bei einem ungedrosselten Motor mit variablem Ventiltrieb.

[0024] In Figur 2 ist der Einfluß der Einlaßspreizung auf die angesaugte Luftmasse dargestellt. Dabei ist für verschiedene Kennlinien gezeigt, daß bei einer zunehmenden Einlaßspreizung auch die Luftmasse im wesentlichen monoton zunimmt.

[0025] In Figur 3 ist ein Diagramm dargestellt, welches die wirkende Ansaugfläche zeigt. Die Fläche erhält man durch Integration des Hubverlaufs über den Kurbelwinkel vom Zeitpunkt des Öffnen des Einlaßvents bis zum Zeitpunkt des Schließen des Einlaßvents (ES). Dabei bezeichnet WESNESPR den Zeitpunkt „Einlaßventil Schließen“ nach dem Punkt des Maximalhubs des Einlaßvents in Grad und die Größe WOEVESPR den Zeitpunkt „Einlaßventil Öffnen“ vor dem Punkt des Maximalhubs. Die Größe ESPR bezeichnet die Einlaßventilspreizung, also den Zeitpunkt zwischen dem oberen Totpunkt und dem Maximalhub des Einlaßvents. Die Gesamtfläche unter der Kurve in Figur 3 ergibt die maximale Ansaugfläche  $F_{max}$ . Davon muß die Ventilöffnungsfläche abgezogen werden, die vor dem oberen Totpunkt liegt und zur Zylinderfüllung nichts beiträgt, da in dieser Phase der Kolben Restgas in den Ansaugkanal zurück schiebt  $F_{Kor}$ . Übrig bleibt als wirkende Fläche  $F_{Wirk}$ , die in Figur 3 grau hinterlegte Fläche unter dem Graphen.

[0026] In Figur 4 ist der Einfluß der Lage der wirkenden Ansaugfläche bezogen auf den Kurbelwinkel dargestellt. Dabei zeigt das Diagramm das Zylindervolumen in Abhängigkeit von dem Kurbelwellenwinkel nach dem oberen Totpunkt. Je nach dem Zeitpunkt des Schließen des Einlaßvents ES ändert sich der Differenzdruck mit der Lage der Ansaugfläche zum Kurbelwinkel, was durch die Größe KLZYLVOL (vgl. auch Figur 1) zum Ausdruck kommt.

[0027] Insgesamt ist vorliegend ein genaues und einfaches Verfahren zur Bestimmung der Zylinderbefüllung bei ungedrosselten Verbrennungsmotoren dargestellt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Zylinderbefüllung bei ungedrosselten Verbrennungsmotoren, welcher Ventile mit variablem Ventiltrieb umfaßt, mit den Schritten:

- Ermittlung von zumindest einer Motorgröße,
- Bestimmen eines auf eine feste oder bestimmte Ein- und/oder Auslaßspreizung bezogenen normierten Luftmassenstromes in

55

Abhängigkeit von der zumindest einen Motorgröße,

- Bestimmung des Einflusses der gegenüber der festen oder bekannten Einlaßspreizung vorliegenden Ist-Einlaßspreizung auf den Luftmassenstrom und Berechnung eines korrigierten Luftmassenstromes.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der normierte Luftmassenstrom in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und der Hubhöhe der Einlaßventile berechnet wird.

10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bestimmung des Einflusses der Ist-Einlaßspreizung die wirkende Ansaugfläche und/oder der wirkende Differenzdruckanteil berücksichtigt werden.

20 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Einfluß der gegenüber der festen oder bekannten Auslaßspreizung vorliegenden Ist-Auslaßspreizung auf den Luftmassenstrom bestimmt und ein korrigierter Luftmassenstrom berechnet wird.

30

35

40

45

50

55

